

## Активни диелектрици: порест силиций, течни кристали

### Порест силиций

*Порестият силиций* е изпъстрен с пори, т.е. има пореста структура.

Традиционният метод за получаване на порест силиций е електрохимичното ецване на пластини от монокристален силиций в етанолов разтвор на флуороводородна киселина HF. При положителен потенциал на силициевия електрод (анода) протича многостепенна реакция на разтваряне и редукция на силиция. За втори електрод (катод) обикновено се използва платинова пластина. При подходящ избор на плътността на тока на повърхността на силициевата пластина се образува порест слой.

Най-важната характеристика на порестия силиций, определяща повечето от неговите физични параметри, е порьозността. Тя се определя от уравнението:

$$P = \rho - \frac{\rho_{пор}}{\rho},$$

където  $\rho$  и  $\rho_{пор}$  са плътностите на монокристалния и порьозния силиций съответно.

Стойностите на порьозността могат да варират от 5% до 95%.

Приложение на пористия силиций.

- *Получаване на дебели диелектрични пластини.* За създаването на силициеви прибори, работещи при високи напрежения, са необходими дебели диелектрични слоеве с дебелина над 10 $\mu$ m. Обаче диелектричните пластини SiO<sub>2</sub>, които се получават чрез окисление на обикновен силиций, не могат да бъдат по-дебели от няколко микрона. Оказва се, че пористият силиций идеално решава тази задача. Ако този материал се окисли термично, то поради наличието на много пори молекулите на кислорода могат да проникнат по цялата дебелина на пористия силиций и да го доведат до пълно окисление.

Оптимални за тази цел са слоеве с порьозност 50%. Важно е да се отбележи, че процесът на образуване на диелектрични пластини с използването на порести слоеве става при температури, по-ниски от тези, при които става термичното окисление на силиция.

- *Буферни слоеве.* Нископористият силиций ( $P < 30\%$ ) се оказва ефективен буферен слой при епитаксията на монокристални филми на други полупроводници върху силиций. Основното условие за израстване на качествени слоеве се явяват близките стойности на постоянната на кристалната решетка на силиция и на нанасяния материал. Обаче може да се израстват слоеве с голяма несъгласуваност на решетките, ако се използва промеждутъчен (буферен) слой. Използването на порестия силиций като буферен слой позволява израстването върху подложка от силиций на качествени филми на различни полупроводници GaAs, PbS, PbTe и др.
- *Създаване на светлинно излъчващи прибори.* Основният интерес към порестия силиций се дължи на неговата способност ефективно да излъчва светлина във видимия диапазон, за разлика от монокристалния силиций. Това може да се

използва при създаването на значително по-евтини светлинно излъчващи прибори (светодиоди, плоски цветни дисплеи).

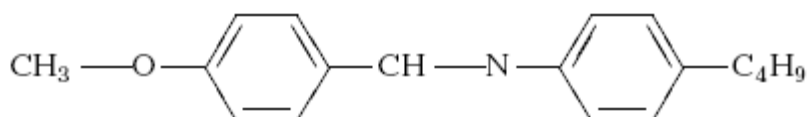
- *Създаване на световоди.* За целите на интегралната оптика се използват планарни световоди, които имат плоска структура, в която светлината се разпространява в слоя с висок показател на пречупване, ограничен от двете страни със слоеве с по-малък показател на пречупване (явлението пълно вътрешно отражение). За пористия силиций показателят на пречупване зависи от порьозността (колкото по-голяма е порьозността, толкова по-малък е показателя на пречупване). Затова образуването на многослойни структури с различна порьозност позволява получаването на вълноводни елементи с малки загуби.
- *Израстване на наноразмерни структури.* В пористия силиций по време на електрохимичното ецване е възможно да се получат квантови точки, квантови нишки, елементи с различна фрактална размерност. Затова пористият силиций с порьозност  $\Pi > 50\%$  трябва да се разглежда като един от материалите за наноелектроника. Освен това перспективна е възможността за запълване на порите с други химични съединения. Това дава възможност да се формират допълнителни нискоразмерни елементи в обема на пористия кристал.

### Течни кристали

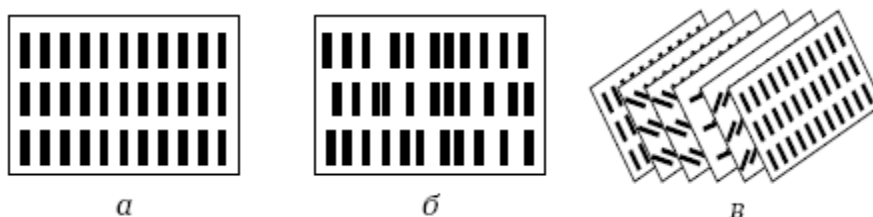
*Течните кристали* се характеризират от една страна с течливост и са способни да се намират в капковидно състояние, а от друга страна за тях е характерна анизотропия на свойствата и най-вече оптическа анизотропия.

Силите, осигуряващи подредената структура на течния кристал, са слаби и затова свойствата на течния кристал силно зависят от външни фактори.

Течнокристалното състояние се формира главно в органични съединения с пръчковидна форма на молекулите. Пример за такова вещество е *p*-метоксибензилиден-*p'*-*n*-бутилнилин (МББА):



Според общата симетрия течните кристали се делят на три вида: смектични, нематични и холестерични – фиг.1.



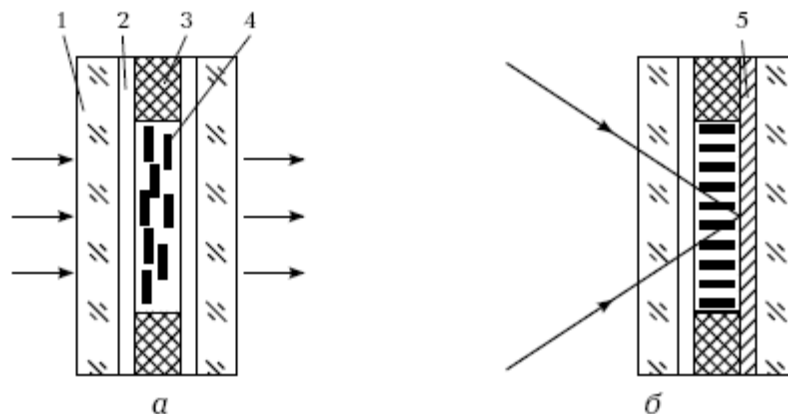
Фиг. 1. Схематично изображение на строежа на течните кристали:  
*a* – смектичен, *б* – нематичен, *в* – холестеричен.

**Смектична фаза.** Смектичната фаза се характеризира със слоест строеж – фиг. 1 а. Центровете на тежестта на удължените молекули се намират в равнини, равноотдалечени една от друга. Във всеки слой молекулите са ориентирани успоредно една на друга. Течливостта се осигурява от взаимното плъзгане на слоевете, което води до голям вискозитет. Поради големия вискозитет смектичните течни кристали не са получили широко разпространение в техниката.

**Нематична фаза.** В дадената фаза дългите оси на молекулите са ориентирани в едно направление – нематичен директор. Обаче центровете на тежестта им са разположени хаотично, затова порядъкът на симетрия е по-нисък отколкото при смектичните течни кристали – фиг. 1 б. В нематичната фаза е възможно взаимно преплъзване на молекулите по направление на нематичния директор.

Нематичните течни кристали са интересни за управление на светлинните лъчи и за визуално изображение на информацията. Обемът на нематичните течни кристали се разделя на домени, различаващи се по направлението на преимуществената ориентация, вследствие на което възникват оптични нееднородности на средата и се наблюдава силно разсейване на светлината. Различават се хомогенна (хоризонтална) и хомеотропна молекулярна ориентация по отношение на подложката.

Ще разгледаме конструкцията на електрооптична клетка на основата на течни кристали – фиг. 2.



Фиг. 2. Електрооптична течнокристална клетка:

а – режим на преминаване (хомогенна ориентация на молекулите);

б – режим на отражение (хемеотропна ориентация на молекулите);

1 – стъклени пластини, 2 – прозрачни електроди, 3 – диелектрични уплътнения,

4 – течен кристал, 5 – непрозрачен отразяващ електрод.

Между стъклените пластини - 1, разделени с диелектрични уплътнения - 3, се намира слой течен кристал - 4 с дебелина (5-30) $\mu\text{m}$ . На вътрешната повърхност на стъклените пластини -1 са нанесени управляващи електроди – 2. Клетката може да работи както в режим на преминаване – фиг. 2 а, така и на отражение – фиг. 2 б. Във втория случай единият от електродите е непрозрачен.

Динамичното разсейване на светлина се наблюдава в течни кристали с отрицателна диелектрична анизотропия и ниско специфично съпротивление (от порядъка на  $10^6 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ). При хомеотропна ориентация, клетката е прозрачна за падащата светлина. При прилагане на напрежение става завъртане на диполите, ориентацията се изменя на хомогенна.

За наблюдаване на полеви електрооптичен ефект се използват нематични течни кристали с повишено специфично съпротивление (над  $10^9 \text{ Ohm.m}$ ). В този случай могат да се подтиснат вихровите потоци течност, предизвикани от йонната електропроводимост.

Съответната обработка на подложката става с хомогенна ориентация на молекулите със зъвъртане на текстурата по азимута на  $90^\circ$ . В резултат на това течният кристал получава способността да завърта равнината на поляризация на светлината на четвърт оборот.

При включване на външно електрично поле, за сметка на положителната диелектрична анизотропия, става развъртане на спиралната структура и ориентация на молекулните оси по направлението на полето. Поставяйки на входа и изхода поляризатор и анализатор, става преобразуване на модулацията на поляризацията на светлина в амплитудна. Чрез изменение на напрежението на електродите може да се регулира интензитетът на пропуснатата светлина. За получаване на цветно изображение се въвежда в течния кристал оцветител.

Към предимствата на индикаторите на основата на течни кристали се отнасят:

- Добър контраст при ярко осветяване
- Ниска потребляема мощност
- Съвместимост с интегралните схеми по работни параметри и конструкция
- Простота на изготвяне и ниска цена.

Недостатък на устройствата с течни кристали се явява невисокото бързодействие и наличието на процесите на електро и фотохимично стареене.

**Холестерична фаза.** Холестиричната фаза прилича на нематичната, но нейната структура допълнително е завъртяна около ос, перпендикулярна на молекулните оси. В резултат се получава слоиста винтова структура, с ход на спиралата от порядъка на 300 nm.

Светлинните лъчи, минаващи през такава структура изпитват селективно отражение. Ако плосък слой холестеричен течен кристал се осветява с бяла светлина, то в отразена светлина той ще е оцветен. При това оцветяването зависи от ъгъла на наблюдение.

Ходът на винтовата спирала зависи от външни въздействия, в частност от температурата. Това позволява изготвянето на цветен термометър.